

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2003年 4月15日

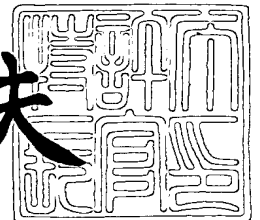
出願番号  
Application Number: 特願2003-110861  
[ST. 10/C]: [JP2003-110861]

出願人  
Applicant(s): 株式会社 液晶先端技術開発センター

2003年 7月23日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3058578

【書類名】 特許願

【整理番号】 A000301741

【提出日】 平成15年 4月15日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明の名称】 アニール方法、アニール装置および表示装置

【請求項の数】 20

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社液晶  
    先端技術開発センター内

    【氏名】 十文字 正之

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社液晶  
    先端技術開発センター内

    【氏名】 松村 正清

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社液晶  
    先端技術開発センター内

    【氏名】 木村 嘉伸

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社液晶  
    先端技術開発センター内

    【氏名】 平松 雅人

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社液晶  
    先端技術開発センター内

    【氏名】 谷口 幸夫

**【発明者】**

**【住所又は居所】** 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社液晶  
先端技術開発センター内

**【氏名】** 小川 裕之

**【特許出願人】**

**【識別番号】** 501286657

**【氏名又は名称】** 株式会社 液晶先端技術開発センター

**【代理人】**

**【識別番号】** 100058479

**【弁理士】**

**【氏名又は名称】** 鈴江 武彦

**【電話番号】** 03-3502-3181

**【選任した代理人】**

**【識別番号】** 100091351

**【弁理士】**

**【氏名又は名称】** 河野 哲

**【選任した代理人】**

**【識別番号】** 100088683

**【弁理士】**

**【氏名又は名称】** 中村 誠

**【選任した代理人】**

**【識別番号】** 100108855

**【弁理士】**

**【氏名又は名称】** 蔵田 昌俊

**【選任した代理人】**

**【識別番号】** 100075672

**【弁理士】**

**【氏名又は名称】** 峰 隆司

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100109830

【弁理士】

【氏名又は名称】 福原 淑弘

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100084618

【弁理士】

【氏名又は名称】 村松 貞男

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100092196

【弁理士】

【氏名又は名称】 橋本 良郎

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 アニール方法、アニール装置および表示装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザ光を非単結晶半導体層に照射してアニールするに際し

、  
前記レーザ光のビームプロファイルを予め記憶された記憶装置から読み出したビームプロファイルを目標としてアニール用ビームプロファイルを設定してアニールすることを特徴とするアニール方法。

【請求項 2】 前記予め記憶された記憶装置から読み出したビームプロファイルは、実験的に求めた最適な前記レーザ光のビームプロファイルが記憶されたものであることを特徴とする請求項 1 記載のアニール方法。

【請求項 3】 前記予め記憶された記憶装置から読み出したビームプロファイルは、前回のアニール工程において使用された前記レーザ光のビームプロファイルを前記記憶装置に記憶し、次回のアニール工程において前記記憶装置から読み出したビームプロファイルであることを特徴とする請求項 1 又は 2 のいずれか一方に記載のアニール方法。

【請求項 4】 前記予め記憶された記憶装置から読み出したビームプロファイルは、アニール工程中前記レーザ光のビームプロファイルを表示画面に表示することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のうちいずれか 1 記載のアニール方法。

【請求項 5】 非単結晶の半導体薄膜をアニールする方法において、

(a) レーザ光源とビームプロファイル測定部との間に空間強度変調光学素子を挿入し、前記ビームプロファイル測定部の入射面と前記空間強度変調光学素子との間のギャップ  $d$  を  $500\mu\text{m}$  以下に調整し、前記空間強度変調光学素子で変調されたレーザ光を前記ビームプロファイル測定部の入射面に照射したときのレーザ光の強度と分布および前記ギャップ  $d$  をそれぞれ測定し、

(b) 非晶質の半導体薄膜を有する基板と前記レーザ光源との間に前記空間強度変調光学素子を挿入し、前記基板の入射面と前記空間強度変調光学素子との間のギャップ  $d$  を  $500\mu\text{m}$  以下に調整し、前記空間強度変調光学素子で変調されたレーザ光を前記基板の入射面に照射し、該変調レーザ光の照射により前記半導体

薄膜が結晶化されて横方向にラテラル成長することが実証されたときのレーザ光の強度と分布および前記ギャップdをそれぞれ測定し、

(c) 前記工程 (b) の測定結果に対応する前記工程 (a) の測定結果を、レーザ光の強度と分布および前記ギャップdの目標値としてそれぞれ設定し、

(d) 前記設定目標値になるようにレーザ光の強度と分布および前記ギャップdをそれぞれ制御し、この制御条件下で前記空間強度変調光学素子で変調されたレーザ光を前記基板の入射面に照射し、

(e) 少なくとも前記工程 (b) ~ (d) を繰り返すことにより同一基板内に2種以上の平均結晶粒径を有する半導体層をつくり分けることを特徴とする。

【請求項6】 前記工程 (c) の設定目標値を記憶しておき、基板にレーザ光を照射するごとに前記目標値を呼び出し、呼び出した前記目標値に基づいて前記工程 (d), (e) を実行することを特徴とする請求項5記載のアニール方法。

【請求項7】 前記工程 (b) のレーザ光の強度と分布およびギャップdは、前記非晶質の半導体薄膜が結晶化し、さらに結晶が安定にラテラル成長し、かつ成長した膜に破壊を生じない条件とすることを特徴とする請求項5又は6のいずれか一方に記載のアニール方法。

【請求項8】 前記工程 (b) では、さらに基板の温度を測定し、該基板温度と前記レーザ光の強度と前記ラテラル成長との関係を把握しておき、この関係に基づいて前記工程 (d) では基板を加熱することを特徴とする請求項5乃至7のうちのいずれか1記載のアニール方法。

【請求項9】 レーザ光を非単結晶半導体層に照射してアニールする装置であって、

前記レーザ光のビームプロファイルを予め記憶された記憶装置から読み出したビームプロファイルを目標としてアニール用ビームプロファイルを設定してアニールすることを特徴とするアニール装置。

【請求項10】 前記予め記憶された記憶装置から読み出したビームプロファイルは、実験的に求めた最適な前記レーザ光のビームプロファイルが記憶されたものであることを特徴とする請求項9記載のアニール装置。

【請求項11】 前記予め記憶された記憶装置から読み出したビームプロフ

ファイルは、前回のアニール工程において使用された前記レーザ光のビームプロファイルを前記記憶装置に記憶し、次回のアニール工程において前記記憶装置から読み出したビームプロファイルであることを特徴とする請求項 9 又は 10 のいずれか 1 記載のアニール装置。

【請求項 12】 前記予め記憶された記憶装置から読み出したビームプロファイルは、表示画面に表示されることを特徴とする請求項 9 乃至 11 のうちいずれか 1 記載のアニール装置。

【請求項 13】 前記工程 (a) では、前記ビームプロファイル測定部の入射面に蛍光板を設け、該蛍光板を前記基板の入射面と実質的に同一平面に配置して測定することを特徴とする請求項 5 乃至 12 のうちのいずれか 1 記載のアニール方法。

【請求項 14】 前記工程 (a), (b), (d) では、前記空間強度変調光学素子にはレーザ光を回折するための段差を有する位相シフタを用い、該位相シフタは前記段差をレーザ光軸が通るように配置されることを特徴とする請求項 5 乃至 13 のうちのいずれか 1 記載のアニール方法。

【請求項 15】 非単結晶の半導体薄膜をアニールする装置であって、  
レーザ光源と、  
非晶質半導体薄膜をもつ基板が載置される載置台と、  
前記レーザ光源からのレーザ光を変調する空間強度変調光学素子と、  
前記レーザ光源から前記空間強度変調光学素子を通して前記基板の入射面に入射する条件と実質的に同じ入射条件の入射面を有し、該入射面におけるレーザ光の強度と分布を測定するビームプロファイル測定部と、  
前記載置台上の基板または前記ビームプロファイル測定部と前記空間強度変調光学素子とを相対的に移動させ、前記基板の入射面または前記ビームプロファイル測定部の入射面と前記空間強度変調光学素子との間のギャップ  $d$  を  $500\mu\text{m}$  以下に調整する位置合せ手段と、  
前記空間強度変調光学素子で変調された変調レーザ光の照射により前記非晶質半導体薄膜が結晶化されて横方向にラテラル成長することが実証されたときのレーザ光の強度と分布を前記ビームプロファイル測定部に測定させるとともに、前

記ギャップdを測定し、それらの測定結果をレーザ光の強度と分布および前記ギャップdの目標値としてそれぞれ設定し、前記ビームプロファイル測定部により測定した強度と分布が前記目標値と一致するように、前記ビームプロファイル測定部および前記位置合せ手段の動作を制御する手段と、  
を具備することを特徴とするアニール装置。

【請求項16】 前記ビームプロファイル測定部の入射面を前記基板の入射面と実質的に同一平面に配置して測定することを特徴とする請求項15記載のアニール装置。

【請求項17】 前記測定手段は、基板の入射面と実質的に同一平面に配置され、照射されるレーザ光の強度と分布を測定する蛍光板を有することを特徴とする請求項15又は16のいずれか一方に記載のアニール装置。

【請求項18】 前記空間強度変調光学素子にはレーザ光を回折するための段差を有する位相シフタを用い、該位相シフタは前記段差をレーザ光軸が通るように配置されることを特徴とする請求項15乃至17のうちいずれか1記載のアニール装置。

【請求項19】 表示装置の画素電極及びこれを駆動する薄膜トランジスタであって、(a)レーザ光源とビームプロファイル測定部との間に空間強度変調光学素子を挿入し、前記ビームプロファイル測定部の入射面と前記空間強度変調光学素子との間のギャップdを $500\mu\text{m}$ 以下に調整し、前記空間強度変調光学素子で変調されたレーザ光を前記ビームプロファイル測定部の入射面に照射したときのレーザ光の強度と分布および前記ギャップdをそれぞれ測定し、(b)非晶質の半導体薄膜を有する基板と前記レーザ光源との間に前記空間強度変調光学素子を挿入し、前記基板の入射面と前記空間強度変調光学素子との間のギャップdを $500\mu\text{m}$ 以下に調整し、前記空間強度変調光学素子で変調されたレーザ光を前記基板の入射面に照射し、該変調レーザ光の照射により前記半導体薄膜が結晶化されて横方向にラテラル成長することが実証されたときのレーザ光の強度と分布および前記ギャップdをそれぞれ測定し、(c)前記工程(b)の測定結果に対応する前記工程(a)の測定結果を、レーザ光の強度と分布および前記ギャップdの目標値としてそれぞれ設定し、(d)前記設定目標値になるようにレーザ光



の強度と分布および前記ギャップdをそれぞれ制御し、この制御条件下で前記空間強度変調光学素子で変調されたレーザ光を前記基板の入射面に照射し、(e) 少なくとも前記工程(b)～(d)を繰り返すことにより同一基板内に2種以上の平均結晶粒径を有する半導体層をつくり分けることにより形成されることを特徴とする薄膜トランジスタ。

【請求項20】 所定の間隙を介して互いに接合した一对の基板と、該間隙に保持された電気光学物質とを有し、一方の基板には対向電極を形成し、他方の基板には画素電極及びこれを駆動する半導体薄膜で形成される表示装置であって、前記半導体薄膜は、(a) レーザ光源とビームプロファイル測定部との間に空間強度変調光学素子を挿入し、前記ビームプロファイル測定部の入射面と前記空間強度変調光学素子との間のギャップdを $500\mu\text{m}$ 以下に調整し、前記空間強度変調光学素子で変調されたレーザ光を前記ビームプロファイル測定部の入射面に照射したときのレーザ光の強度と分布および前記ギャップdをそれぞれ測定し、(b) 非晶質の半導体薄膜を有する基板と前記レーザ光源との間に前記空間強度変調光学素子を挿入し、前記基板の入射面と前記空間強度変調光学素子との間のギャップdを $500\mu\text{m}$ 以下に調整し、前記空間強度変調光学素子で変調されたレーザ光を前記基板の入射面に照射し、該変調レーザ光の照射により前記半導体薄膜が結晶化されて横方向にラテラル成長することが実証されたときのレーザ光の強度と分布および前記ギャップdをそれぞれ測定し、(c) 前記工程(b)の測定結果に対応する前記工程(a)の測定結果を、レーザ光の強度と分布および前記ギャップdの目標値としてそれぞれ設定し、(d) 前記設定目標値になるようにレーザ光の強度と分布および前記ギャップdをそれぞれ制御し、この制御条件下で前記空間強度変調光学素子で変調されたレーザ光を前記基板の入射面に照射し、(e) 少なくとも前記工程(b)～(d)を繰り返すことにより同一基板内に2種以上の平均結晶粒径を有する半導体層をつくり分けることにより形成されることを特徴とする表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、多結晶半導体薄膜基板、その製造法、半導体装置、半導体装置の製造方法および電子装置に係わり、特に多結晶膜（多結晶半導体薄膜）の表層部分に電界効果トランジスタを製造する技術および電界効果トランジスタを製造するための多結晶半導体薄膜基板ならびに電界効果トランジスタを組み込んだ液晶表示装置や情報処理装置等の電子装置の製造技術に適用されるアニール方法、アニール装置および表示装置に関する。

#### 【0002】

##### 【従来の技術】

以下に従来技術によるエキシマレーザ結晶化法（レーザアニール法）による多結晶半導体薄膜トランジスタ（TFT）の製造法を説明する。

#### 【0003】

図12の（a）に示すように、ガラス基板101の上に下地保護膜（例えばSiO<sub>2</sub>膜、SiN膜、およびSiN/SiO<sub>2</sub>積層膜など）102および非晶質シリコン薄膜103を堆積する。次に、図12の（b）に示すように、光学系により四角形状もしくは長尺状にビーム整形されたエキシマレーザ（XeClやKrFなど）104で、非晶質シリコン薄膜の表面を照射すると、非晶質シリコン薄膜103は、エキシマレーザ104の照射加熱により、50-100nsの極短時間における溶融凝固の過程を経て、非晶質構造から多結晶構造に変換される。非晶質シリコン膜103の表面全体をエキシマレーザ104で矢印105の方向に走査加熱すると、図12の（c）に示すような多結晶シリコン薄膜106が形成される。

#### 【0004】

以上のプロセスはエキシマレーザ結晶化技術と呼ばれている。ガラスなどの低融点材料の基板上に高品質な多結晶シリコン薄膜を製造する際に用いられる。エキシマレーザ結晶化技術に関しては、例えば非特許文献1に詳しく説明されている。

#### 【0005】

図12の（c）の多結晶シリコン薄膜106を用いて形成したものが図12の（d）に示すトランジスタである。多結晶シリコン薄膜106の上部には、成膜によりSiO<sub>2</sub>膜などのゲート絶縁膜107が設けられている。さらにソース不純物注入領域

域109、ドレイン不純物注入領域108が設けられている。ソース、ドレイン領域、およびゲート絶縁膜上にゲート電極110を設け、保護膜111を成膜し、ソース電極112、ドレイン電極113を形成する。以上により、ゲート電極の電圧によって、ソースとドレイン間の電流を制御できるTFTが完成する。

#### 【0006】

一般に、画素部に用いられるTFTは、アクティブマトリックス制御において電荷を保持することが目的で、極端な高移動度は要求されず、むしろ低オフ電流が要求される。オフ電流を低減するには、ドレイン端の電界強度を緩和するために開口率を低下させない程度にTFTのチャネル長を長くするなどの必要がある。

#### 【0007】

一方、駆動回路や演算回路に用いられるTFTは、高速動作のために高移動度が求められ、オフ電流はあまり問題にならない。このため、特にチャネル長の微細化が高速化に有効なことからTFTのサイズを小さくする必要がある。

#### 【0008】

このように、画素部に用いられるTFTと、駆動回路や演算回路に用いられるTFTでは、要求される特性やサイズが異なる。

#### 【0009】

#### 【非特許文献1】

日経マイクロデバイス別冊フラットパネル・ディスプレイ1999  
(日経BP社、1998年、pp.132-139)

#### 【0010】

#### 【発明が解決しようとする課題】

現在の液晶ディスプレイの表示方式として、個々の画素をスイッチングするアクティブマトリックス方式がある。画素スイッチにおいては、電界効果トランジスタの一種である非晶質シリコン薄膜トランジスタ (a-SiTFT) が主に用いられている。

#### 【0011】

液晶ディスプレイの技術開発において、①高精細化、②高開口率化、③軽量化、④低コスト化などを目指している。これらの性能を実現するために、電界効果

トランジスタの一種である多結晶シリコン薄膜トランジスタ (poly-SiTFT) を用いた技術が注目されている。Poly-SiTFTは、a-SiTFTに比べて、移動度が2桁以上高いため、素子サイズを小さくすることができ、また集積回路を形成することもできることから、ディスプレイに駆動回路や演算回路も搭載することが可能である。

#### 【0012】

ところが、従来のアニール方法では、一定の結晶性を持ったpoly-Si薄膜しか形成できず、同一基板内に異なるサイズのTFTを作ると以下のような問題が生じる。

#### 【0013】

サイズの大きなTFTは、TFTのチャネル領域での結晶粒界が多くなるため、しきい電圧のバラツキは小さくなるが、動作が遅い。

#### 【0014】

サイズの小さなTFTは、TFTのチャネル領域での結晶粒界が少なくなるため、動作は速いが、しきい電圧のバラツキが大きい。

#### 【0015】

これらのTFTは、同一基板内にすべて同時に形成されなくては内蔵化の経済効果が薄れる。

#### 【0016】

本発明は上記の課題を解決するためになされたものであり、2種以上の平均結晶粒径を有する半導体層を同一基板上に形成することができ、またその結果、サイズの異なるTFTに対してTFTの活性層となるチャネル領域での電流方向を横切る平均結晶粒界 $N_a$ が一定となるように結晶粒径が制御されたアニール方法、アニール装置および表示装置を提供することを目的とする。

#### 【0017】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明に係るアニール方法は、レーザ光を非単結晶半導体層に照射してアニールするに際し、前記レーザ光のビームプロファイルを予め記憶された記憶装置から読み出したビームプロファイルを目標としてアニール用ビームプロファイルを

設定してアニールすることを特徴とする。

【0018】

本発明に係るアニール装置は、レーザ光を非単結晶半導体層に照射してアニールする装置であって、前記レーザ光のビームプロファイルを予め記憶された記憶装置から読み出したビームプロファイルを目標としてアニール用ビームプロファイルを設定してアニールすることを特徴とする。

【0019】

本発明に係る表示装置は、所定の間隙を介して互いに接合した一对の基板と、該間隙に保持された電気光学物質とを有し、一方の基板には対向電極を形成し、他方の基板には画素電極及びこれを駆動する半導体薄膜で形成される表示装置であって、前記半導体薄膜は、(a) レーザ光源とビームプロファイル測定部との間に空間強度変調光学素子を挿入し、前記ビームプロファイル測定部の入射面と前記空間強度変調光学素子との間のギャップ  $d$  を  $500\mu\text{m}$  以下に調整し、前記空間強度変調光学素子で変調されたレーザ光を前記ビームプロファイル測定部の入射面に照射したときのレーザ光の強度と分布および前記ギャップ  $d$  をそれぞれ測定し、(b) 非晶質の半導体薄膜を有する基板と前記レーザ光源との間に前記空間強度変調光学素子を挿入し、前記基板の入射面と前記空間強度変調光学素子との間のギャップ  $d$  を  $500\mu\text{m}$  以下に調整し、前記空間強度変調光学素子で変調されたレーザ光を前記基板の入射面に照射し、該変調レーザ光の照射により前記半導体薄膜が結晶化されて横方向にラテラル成長することが実証されたときのレーザ光の強度と分布および前記ギャップ  $d$  をそれぞれ測定し、(c) 前記工程 (b) の測定結果に対応する前記工程 (a) の測定結果を、レーザ光の強度と分布および前記ギャップ  $d$  の目標値としてそれぞれ設定し、(d) 前記設定目標値になるようにレーザ光の強度と分布および前記ギャップ  $d$  をそれぞれ制御し、この制御条件下で前記空間強度変調光学素子で変調されたレーザ光を前記基板の入射面に照射し、(e) 少なくとも前記工程 (b) ~ (d) を繰り返すことにより同一基板内に 2 種以上の平均結晶粒径を有する半導体層をつくり分けることにより形成されることを特徴とする。

【0020】

ここで「ビームプロファイル」とは、結晶化するために非単結晶半導体層に入射される二次元の光強度分布である。なお、プロファイラ（ビームプロファイル）は、規格化するためビーム強度が低くてよい。

#### 【0021】

以上のように、レーザ光の平均強度（レーザフルエンス）と分布（ビームプロファイル）の測定、ギャップ調整位置合せ、レーザ照射を繰り返すことにより、同一基板内にTFTのサイズは異なるが、チャンネル領域での電流方向を横切る結晶粒界数の平均値 $N_a$ が一定の結晶領域を同時につくり分けることができる。

#### 【0022】

なお、測定、位置合わせ、照射の3つの動作は必ずしも毎回繰り返す必要はない。最初にすべての測定を行っておき、その測定結果を記憶（記録）しておき、それを必要に応じて呼び出し、位置合せに必要な操作量を求め、次に結晶領域毎に位置合わせと照射を並行して行うようにしてもよい。

#### 【0023】

また、本発明は位相シフトを基板に対して所定位置に近接させて所定フルエンスのレーザ光を照射する所謂プロキシミティ方式に関するものであるが、これを投影法（位相シフトを基板から離れたレーザ光源側に配置するプロジェクション方式）と組み合わせて用いることも可能である。

#### 【0024】

##### 【発明の実施の形態】

以下、添付の図面を参照して本発明の好ましい実施の形態について説明する。

図1に本発明のアニール装置を実施したレーザアニール装置の全体の概要を示す。図2にレーザアニール装置の要部を示す。

レーザアニール装置10は、レーザ光源1の光軸aの始端にアッテネータ（減衰器）2とビームプロファイル変調部3の均一化光学系32を配置し、ミラー4を経由して終端に半導体基板5を保持する移動ステージ7を配置する。ビームプロファイル変調部3の位相シフト31は移動ステージ7上の半導体基板5の入射面に近接配置されている。

## 【0025】

また、レーザ結晶化装置10は、半導体基板5にビームプロファイル測定部6を並設し、半導体基板5とビームプロファイル測定部6をともに移動ステージ7上に固定する。

## 【0026】

また、制御用のコンピュータ8を設置して、入力側にはビームプロファイル測定部6を接続し、出力側にはアッテネータ2、ビームプロファイル変調部3、移動ステージ7の制御系Cを接続する。制御手段としてのコンピュータ8は、これらアッテネータ2、ビームプロファイル変調部3、移動ステージ7の動作をそれぞれ制御する。

## 【0027】

アッテネータ2は、誘電体の多層膜コーティングフィルタの角度を調節してレーザ光の光強度（フルエンス）を光学的に変調するものであり、コンピュータ8により動作制御される図示しないセンサ、モータ、制御系を備えている。ここで「フルエンス」とは、レーザのエネルギー密度を表わす尺度であり、単位面積当たりのエネルギー量を時間積分したものである。

## 【0028】

ビームプロファイル変調部3は、レーザ光の空間的な強度分布を変調するものであり、位相シフタ31および均一化光学系32により構成されている。

## 【0029】

位相シフタ31は、また、マスクパターンの交換や光軸方向の位置合わせのための図示しないセンサ、アクチュエータ、制御系を備えている。

## 【0030】

位相シフタ31は、例えば、マスクパターンを通過する光の位相を0と $\pi$ とに交互にずらすことにより、位相シフト部において光強度が極小となる逆ピークパターンを発生し、この逆ピークパターンにより半導体基板5上において例えば非晶質半導体膜の一番最初に凝固する領域（結晶核）を位置制御し、そこから結晶を横方向に成長させる（ラテラル成長；膜面に沿った二次元成長）ことにより、大粒径の結晶粒を指定した位置に設ける。このとき、位相シフタの形状や半導体

基板 5 との距離、レーザ光の角度分布などにより、所望のビームプロファイルを設定する。

#### 【0031】

均一化光学系 32 は、レンズなどの光学部品で構成し、均一化光学系 32 の焦点位置からデフォーカスした位置に半導体基板 5 を保持してレーザ光を照射する。

#### 【0032】

このときのマスクパターンとデフォーカス量により逆ピークパターンの形状と幅を制御する。

#### 【0033】

逆ピークパターンの幅  $W$  は、位相シフタ 31 と半導体基板 5 との間のギャップ  $d$  の  $1/2$  乗に比例 ( $W = k \cdot d^{1/2}$ ;  $k$  は係数) して拡大する。

#### 【0034】

ビームプロファイル測定部 6 は、紫外光のエキシマレーザを蛍光板 61 に受光して可視光に変換し、ミラー 62 に反射した可視光を CCD 63 に受光してレーザ光の強度とビームプロファイルを同時に測定する。この測定系の光強度はビームプロファイルの測定に必要な強度であればよい。

#### 【0035】

レーザ光の強度は、半導体パワーメータなどを用いて別々に測定してもよい。

#### 【0036】

また、紫外光のエキシマレーザを直接 CCD 63 に受光してもよい。

#### 【0037】

蛍光板 61 は、半導体基板 5 と同一平面上あるいは平行平面上に設置する。蛍光板 61 を段差のある平行平面上に設置する場合は、移動ステージ 7 を上下して蛍光板 61 を半導体基板 5 と同じ高さに位置付けて測定する。これにより、基板面におけるレーザ光のビームプロファイルを実際の照射時と同一条件で測定できるようにする。

#### 【0038】

蛍光板 61 は、半導体基板 5 の表面と光学的に等価な位置とすることが望まし



い。その際は、蛍光板 61 が入射するレーザ光軸方向に移動する機構をもち、そのずれ量を移動ステージ 7 の上下量に反映させるようにする。

#### 【0039】

CCD 63 で受光した画像は、コンピュータ 8 に入力して任意の走査線でスライスし、画像信号の強度分布からレーザ光の強度とビームプロファイルを測定する。

#### 【0040】

そして、測定した強度と予め設定した目標の強度とを比較して操作量を計算し、アッテネータ 2 に操作信号を出力して測定した強度が目標の強度になるようにフィードバックしながらアッテネータ 2 の角度を調節する。

#### 【0041】

また、測定したビームプロファイルとあらかじめ設定した目標のビームプロファイルを比較して操作量を計算し、ビームプロファイル変調部 3 と移動ステージ 7 に操作信号を出力して測定したビームプロファイルが目標のビームプロファイルになるようにフィードバックしながら位相シフタ 31 の位置と移動ステージ 7 の高さを調節する。なお、本実施形態ではレーザ光強度、レーザ光分布、ギャップ d をフィードバック制御の手法により調節する例について説明しているが、本発明はこれのみに限られるものではなく、最初にレーザ光強度、レーザ光分布、ギャップ d のすべてを測定し、その測定結果を目標値として設定し、記憶（記録）しておき、レーザ照射する必要が生じたときにそれぞれ呼び出して用いることができる。これにより再現性の高いレーザ照射を実現でき、TFT チャンネル部の結晶化を安定して行うことができる。

#### 【0042】

移動ステージ 7 は、前後、左右、上下の 3 次元方向に移動が可能で、面内方向や光軸方向の位置合わせのための図示しないセンサ、アクチュエータ、制御系を備えている。

#### 【0043】

ここで「予め設定した目標の強度」とは、後述する実証試験（図 4 ～図 9 参照）により、非晶質の半導体薄膜が結晶化すること、結晶粒がラテラル成長するこ

と、結晶化した膜が熱収縮により破壊されないことが確認されたレーザ強度（レーザフルエンス）と分布（ビームプロファイル）をいう。

#### 【0044】

図2を参照してアニール装置の光学系について詳しく説明する。

このアニール装置10は、予め基板5の上に下地保護膜302、非晶質Si膜303、キャップ膜305が順次積層された試料に対して強度とビームプロファイルが変調されたレーザ光50を照射するものである。結晶化の対象は非晶質Si膜303である。下地保護膜302とキャップ膜305はそれぞれSiO<sub>2</sub>絶縁膜である。

#### 【0045】

光源となるKrFエキシマレーザ装置1からは波長248nmの長尺ビームのレーザ光50が出射される。レーザ光50は、先ずアッテネータ2において誘電体の多層膜コーティングフィルタの角度を調節してレーザフルエンスが光学的に変調される。次に2組（それぞれx方向とy方向）の小レンズ対からなるホモジナイザ32aによって発散ビームに分割される。なお、1ショットのパルス継続時間は30ナノ秒である。分割されたビームの各中軸光線は、コンデンサレンズ32b（凸レンズ#1）によってマスク面32dの中心に集まる。

#### 【0046】

また、それぞれのビームは、僅かに発散型になっているために、マスク面32dの全面を照明する。分割された微小出射領域を出た全ての光線群が、それぞれマスク面32d上の全ての点を照射するので、レーザ出射面上の光強度に面内揺らぎがあっても、マスク面32dの光強度は均一になる。

#### 【0047】

マスク面32dの各領域を通過する光線群の中心光線、すなわちホモジナイザ32aの中心部分のレンズ対を通過してきた発散光線群は、マスク面近傍の凸レンズ32cによって平行光線になってから、テレセントリック型の縮小レンズ32eを通過して、加熱ヒータ7aを備えた移動ステージ7上に置かれた基板5を垂直に照射する。

#### 【0048】

移動ステージ 7 は XYZ の各方向に位置を調整できるようになっているので、照射領域をずらしてアニールを繰り返すことにより、大面積を結晶化することが可能である。また、マスク面 32 d の同一箇所を通過した光線群は基板面の一点に集まる。すなわち、マスク面 32 d の縮小像が均一光強度で基板面上に作られる。なお、XY は水平面の X 軸と Y 軸を示し、Z は水平面に垂直な方向に延びる軸を示す。

#### 【0049】

基板表面の任意の点を照射する光線群は、光軸 a を通る中心光線を含めて分割された光線から作られる。ある光線と中心光線のなす角は、ホモジナイザ 32 a の幾何学的形状で決まる、マスク面 32 d での当該光線と中心光線の作る角に、テレセントリック型レンズ 32 e の倍率を掛けた値になる。

#### 【0050】

試料から  $500\text{ }\mu\text{m}$  以内に近接配置された位相シフタ 31 は、所定の段差 31 a を有し、段差 31 a のところで分割光線群にそれぞれ独立にフレネル回折を起こさせる。これらの回折パターンは基板表面で重畳されるから、基板表面の光強度分布には、位相シフタ 31 のパラメータ（ギャップ d、位相差  $\theta$ ）だけではなく、位相シフタ 31 に入射する光線群の広がり量（ $\epsilon$ ）や、光線間の干渉性が複雑に関係する。

#### 【0051】

本発明を実施したレーザアニール装置は以上のような構成で、レーザ結晶化工程は、最初に移動ステージ 7 を面内方向に移動してレーザ光源 1 の光軸 a の先端を  
ビームプロファイル測定部 6 の蛍光板 61 に位置付け、レーザ光を照射してその強度とビームプロファイルを測定する。

#### 【0052】

次に、測定した強度とビームプロファイルがあらかじめ設定した目標と一致するようにアッテネータ 2 の角度、位相シフタ 31 の位置、移動ステージ 7 の高さをそれぞれ位置合わせする。

#### 【0053】

次に、移動ステージ7を面内方向に移動して今度は光軸aの先端を半導体基板5の所定の結晶領域に位置付け、ギャップdに設定し、あらかじめ設定した強度とビームプロファイルのレーザ光を照射する。

#### 【0054】

以上の測定、位置合わせ、照射を繰り返して同一基板内にTFTのサイズは異なるがチャンネル領域での電流方向を横切る結晶粒界数の平均値 $N_a$ が一定の結晶領域を同時に作り分ける。

#### 【0055】

測定、位置合わせ、照射はこのように交互に行うのではなく、最初にすべての測定を行って位置合わせに必要な操作量を求め、次に結晶領域毎に位置合わせと照射を平行して行うようにしてもよい。

#### 【0056】

(実証試験)

図4～図9を参照しながら、試料表面上のビームプロファイルの実測結果から変調レーザ光の特徴を明らかにし、その実測結果とシミュレーション結果とを比較するとともに、実測結果と結晶化膜のモフォロジとを比較検討した。また、各種臨界光強度をも明らかにした。

#### 【0057】

平行光を用いたときの孤立位相シフタ（光路差 $\delta$ は $180^\circ$ ）による一次元の規格化Fresnel回折パターンを図4の（a）に示す。位相シフタとプロファイラとの相互間距離（位相シフタ／基板間のギャップdと同等）は $110\mu\text{m}$ とした。図4の（b）は図4（a）の回折パターンの一次元ビームプロファイルを示す特性線図である。図中の特性線C（細線）はコンピュータシミュレーション結果を示し、特性線D（太線）はビームプロファイラ蛍光板面での実測結果を示す。図から明らかなように高次の振動を含めて理論結果と良い一致が得られた。特に、最小強度がほぼゼロであることは、エキシマレーザ光が強い自己干渉性を有していることを示している。なお、ビームプロファイラの分解能は、製造しようとする結晶粒径より1桁程度小さいのが望ましく、図4の（a），（b）の測定例では $0.4\mu\text{m}$ の分解能である。

## 【0058】

In-plane cross-coupled位相シフトによる二次元の規格化Fresnel回折像を図5の(a)と(b)に示す。ギャップ $d$ を $30\mu\text{m}$ 、位相差を $180^\circ$ とした。図中の太い線で囲まれた正方格子は一辺の長さが $5\mu\text{m}$ である。図5の(a)はコンピュータシミュレーション像を示し、図5の(b)はビームプロファイラ蛍光板面に現れたレーザフルエンスの実像を示す。格子状の主パターン(太線)以外に内部の微細二次元パターン(細線)も捉えることができており、このプロファイラが二次元パターンの評価にも有効であることが実証された。

## 【0059】

図6の(a)は、横軸にレーザ光軸 $a$ からの距離( $\mu\text{m}$ )をとり、縦軸に規格化されたレーザ強度指数(無単位)をとって、ホモジナイザによるマルチビームがつくるプロファイルを示す特性線図である。縦軸の規格化された強度指数は、結晶化の目安となるパラメータであり、これらを平均化すると1.0に収束する。なお、図6の(a)では強度指数が1.0のところは $0.2\text{J}/\text{cm}^2$ のレーザフルエンスに相当し、これに係数0.95を掛けると多結晶化する臨界光強度の $0.19\text{J}/\text{cm}^2$ が求まる。

## 【0060】

図中にて特性線E(細線)はシミュレーション結果を、特性線F(太線)は実測結果をそれぞれ示す。実測結果とシミュレーション結果とは、有限個数のビームに起因する高い空間周波数成分を除いて、良い一致が得られた。

## 【0061】

図6の(b)は低い平均光強度条件で結晶化した膜モフォロジである。試料は基板温度 $500^\circ\text{C}$ で、 $300\text{nm}$ 厚 $\text{SiO}_2$ キャップ膜/ $200\text{nm}$ 厚 $a\text{-Si}$ 膜/ $1000\text{nm}$ 厚 $\text{SiO}_2$ 膜/ $\text{Si}$ 構造である。多結晶化が生じた箇所(低い部分)は局所的な高光強度の箇所であり、局所的な低光強度の箇所(黒い部分)は結晶化しなかった領域である。黒い部分は、図6(a)の特性線Eに $0.19\text{J}/\text{cm}^2$ で示した線(強度指数0.95)を下回る位置と良く一致した。多結晶化の生じる臨界光強度は約 $0.19\text{J}/\text{cm}^2$ であって、この値は均一照射の場合と同じであった。なお、高平均光強度の実験から横方向結晶化の開始と膜不全

となる臨界光強度は、それぞれ  $0.48 \text{ J/cm}^2$ 、 $0.90 \text{ J/cm}^2$  であることが判明した。さらに、単ショットで成長できる距離が約 7 ミクロンであることも判明した。

#### 【0062】

図 7 の (a) は、横軸にレーザ光軸 a からの距離 ( $\mu\text{m}$ ) をとり、縦軸に規格化されたレーザ強度指数 (無単位) をとって、結晶化した Si がラテラル成長するか否か、また過大な収縮力のためにラテラル成長した結晶膜が破壊するか否かについてレーザフルエンスとの関係を示した特性線図である。図中の特性線 P はラテラル成長の臨界線であり、これより上方の領域では Si 結晶がラテラル成長し、これより下方の領域ではラテラル成長しない。特性線 Q は膜破壊の臨界線であり、これより上方の領域では Si 結晶膜が過大な収縮により破壊され、これより下方の領域では Si 結晶膜は破壊されない。両特性線 P, Q の指数に係数を掛けたレーザフルエンス換算値は、それぞれ約  $0.5 \text{ J/cm}^2$  と約  $0.9 \text{ J/cm}^2$  であった。特性線 R はレーザ光強度のビームプロファイルである。特性線 R が両特性線 P, Q で挟まれた領域にある場合は、膜破壊を生じることなく、安定にラテラル成長する。

#### 【0063】

図 7 の (b) はラテラル成長過程における Si 薄膜の SEM 像である。レーザ光軸 a から片側  $10 \mu\text{m}$  弱の範囲までにラテラル成長した Si 結晶が見られる。しかし、レーザ光軸 a から  $10 \mu\text{m}$  以上の領域ではレーザ強度のバラツキが大きく、膜破壊した組織 (図中に点在する白い塊り) がみられる。また、レーザ光軸 a の近傍領域はレーザフルエンスの強度不足により結晶化しないで非晶質のままの状態であり、この領域はラテラル成長していない。

#### 【0064】

上記の実験結果を用いて、高充填率で大結晶粒 (平均径 5 ミクロン) を形成できる光学系を求めた。得られた光強度分布と膜モフォロジを図 8 の (a) ~ (c) にそれぞれ示す。図 8 の (a) の縦軸は規格化されたレーザ強度 (無単位) を示し、結晶化の目安となるパラメータである。これらを平均化すると 1.0 に収束する。図中の特性線 G はシミュレーション結果を示し、特性線 H はレーザプロ

ファイラ蛍光板面に現れたプロファイル実像の結果を示す。なお、図8の(a)では縦軸の指数の最小値0.6に平均レーザフルエンス $0.70\text{ J/cm}^2$ を掛けるとラテラル結晶化する臨界光強度の $0.42\text{ J/cm}^2$ が求まり、指数の最大値1.3に係数 $0.70\text{ J/cm}^2$ を掛けると膜破壊が発生する臨界光強度の $0.91\text{ J/cm}^2$ が求まる。

#### 【0065】

図8の(b)はレーザ照射( $J=0.7\text{ mJ/cm}^2$ )領域における繰り返しパターンのSEM像( $0.24\text{ mm}\times 0.24\text{ mm}$ )を示し、図8の(c)は同図(b)のSEM像の一部を拡大したSEM像( $20\text{ }\mu\text{ m}\times 20\text{ }\mu\text{ m}$ )を示す。レーザ光軸aから片側 $5\text{ }\mu\text{ m}$ までSi結晶粒が安定にラテラル成長していることを観察できた。これから照射領域全面( $0.24\text{ mm}\times 0.24\text{ mm}$ )に高充填率で $5\text{ }\mu\text{ m}$ 程度の大結晶粒が均一に形成できた。

#### 【0066】

高分解能ビームプロファイラによってエキシマレーザ光の性質を抽出した。この結果、試料表面上光強度分布を設計することが可能となった。さらに、各種臨界光強度を評価して、これらの結果を総合することにより、高充填率で大結晶粒を成長させる光学系を設計した。この有効性を実験によって確認した。

#### 【0067】

上記実施形態では本発明のアニール装置、アニール方法を結晶化装置に適用した例について説明したが、不純物注入後に行うアニール工程などの他の工程に本発明を適用するようにしてもよい。

#### 【0068】

##### 【実施例】

本発明の実施例として、サイズは異なるが同一特性のTFT-A(小サイズTFT)およびTFT-B(大サイズTFT)の作成例を以下に示す。

#### 【0069】

まず基板の準備として、図9の(a)に示すように、絶縁体基板5(例えばコーニング1737ガラス、熔融石英、サファイア、プラスチック、ポリイミドなど)の表面に第一薄膜302(例えばテトラエチルオルソシリケート(TEOS)と $\text{O}_2$ の

プラズマ化学気相成長法によって成膜した膜厚 300 nm の  $\text{SiO}_2$  膜、もしくは  $\text{SiN/SiO}_2$  積層膜、アルミナ、マイカなど)、第一薄膜 302 の表面に、第二薄膜の非晶質半導体薄膜 303 (例えばプラズマ化学気相成長法によって膜厚 100 nm の非晶質  $\text{Si}$ 、非晶質  $\text{SiGe}$  など) を成膜する。その上に  $\text{SiO}_2$  を成膜ゲート絶縁膜として、テトラエチルオルソシリケート (TEOS) と  $\text{O}_2$  のプラズマ化学気相成長による (例えば膜厚 100 nm) の  $\text{SiO}_2$  膜 305 を成膜する。次に薄膜の脱水素処理を行う (例えば窒素雰囲気中で  $600^\circ\text{C} \times 1$  時間の加熱処理)。

#### 【0070】

次に、図 1 のレーザアニール装置を用いてレーザ結晶化を行う。レーザ光源 1 は、例えば  $\text{KrF}$  エキシマレーザなどのパルス発振の高エネルギーレーザを用いる。

#### 【0071】

レーザ光源 1 から発したレーザ光は、パワーおよびビームプロファイルを変調可能なアッテネータ 2 とビームプロファイル変調部 3 を透過する。その結果、パワーとビームプロファイルが変調される。その後移動ステージ 7 へ到達する。移動ステージ 7 には、半導体基板 5 が配置されている。レーザ結晶化は、変調されたレーザ光を半導体基板 5 に照射することで行う。移動ステージ 7 にはビームプロファイルを測定可能でパワーメータとしても使用可能な、ビームプロファイル測定部 6 を設置している。この装置は測定用のパソコン 8 と連動し、好適なビームプロファイルを持つように移動ステージ 7 高さ  $z$ 、パワーおよびビームプロファイルを変調可能な光学系のパラメータ (例えばアッテネータ 2 の角度と位相シフタ 31 の位置、ギャップ  $d$  など) を設定する。

#### 【0072】

図 3 の (a) のビームプロファイル A は小粒径結晶領域、図 3 の (b) のビームプロファイル B は、大結晶粒径結晶領域の形成可能なビームプロファイルである。このビームプロファイルは、前述の測定用のパソコン 8 と連動したシステムで条件設定を行う。

#### 【0073】

ビームプロファイル A またはビームプロファイル B によって結晶化した結果、



所望の結晶粒径のpoly-Siが形成される。例えばビームプロファイルAでレーザ結晶化を行った場合、図2の(a)に示すような、選択された領域に小結晶粒径領域  $r_1$  が形成される。

#### 【0074】

また、ビームプロファイルBにおいてレーザ結晶化を行った場合、図3の(b)に示すような、選択された領域に大結晶粒径領域  $r_2$  が形成され、ビームプロファイルに依存した結晶領域のつくり分けができる。

#### 【0075】

TFTのチャネル領域での電流方向を横切る結晶粒界数の平均値  $N_a$  の評価は、以下のように行う。

TFTの活性層のエッジが分かるように、図10の(a)に示すようにレーザマーカbなどでマーキングを四ヶ所に行う。その後、図9の(b)に示すソース電極312、ドレイン電極313、ゲート電極309、層間絶縁膜314を塩酸やフッ酸などで除去し、TFTの活性層であるpoly-Si層306を露出させる。このあと、セコエッチング液(HF:KCrO=2:1の混合液)を用いて30秒ほどウェットエッチングを行い、結晶粒界を際立たせる。乾燥させたのち、走査型電子顕微鏡による像観察を行う。なお、像観察装置としては、表面粗さ計や原子間力顕微鏡などを用いてもよい。

#### 【0076】

チャネル領域での電流方向を横切る結晶粒界数のカウントは、ソース部分の2箇所のマーキングおよびドレイン部分の2箇所のマーキングを例えばそれぞれ10等分し、おのおのが平行となる直線を決定する。その直線と粒界がクロスする数を平均化して計算する。

#### 【0077】

ビームプロファイルによって粒径が制御されることから、小粒径結晶領域には大粒径結晶領域よりも密に結晶粒界が存在する。

#### 【0078】

TFT-Aのゲート長  $L_a$  は  $2\mu\text{m}$ 、TFT-Bのゲート長  $L_b$  は  $4\mu\text{m}$  とし、幅  $W$  はいずれも  $2\mu\text{m}$  とした。

## 【0079】

図3の(a)～(d)に示すように、同一の性能を達成することができるTFT特性を得るためのビームプロファイルAとビームプロファイルBをあらかじめ計測した。

## 【0080】

図11に示すように、この場合はステージ高さZと1 $\mu$ m当たりの結晶粒界数との関係データに基いて、所望のプロファイルをギャップdを変えることで決定できた。

## 【0081】

この場合では、TFT-Aに必要なプロファイルは、ギャップd=300 $\mu$ mでレーザー強度を0.55J/cm<sup>2</sup>、TFT-Bに必要なプロファイルは、ギャップd=100 $\mu$ mでレーザー強度を0.66J/cm<sup>2</sup>、であることが計測された。

## 【0082】

この条件で、結晶化を基板上の複数の領域に行った。

## 【0083】

作製した結晶は、図3の(a)、(c)に示すようなビームプロファイルによって、結晶化した。

## 【0084】

これらの方法で作製された結晶領域は、それぞれTFT-A、TFT-Bのあったサイズでパターニングを行い、以下のプロセスを行う。図9の(b)に示すようにゲート絶縁膜の上にゲート電極309(例えば高濃度リンドーパポリシリコン、W、TiW、WSi<sub>2</sub>、MoSi<sub>2</sub>)を設ける。ゲート電極309をマスクにして、イオン注入を行って、ソース領域311、ドレイン領域310を形成する。例えばイオン注入は、N型TFTであれば、P<sup>+</sup>を10<sup>15</sup>cm<sup>-2</sup>オーダーで注入し、P型TFTでは、BF<sub>3</sub><sup>+</sup>を10<sup>15</sup>cm<sup>-2</sup>オーダーで注入する。その後、電気炉内で窒素をキャリアガスとして、500℃から600℃で約1時間のアニールを行い不純物の活性化を行う。また、ラピッドサーマルアニーリング(RTA)で700℃、1分間加熱してもよい。最後に、層間絶縁膜314を成膜し、コンタクト穴を形成し、ソース電極312、ドレイン電極313を形成する。ソース電極312、ドレイン電極313の材

料は例えば Al、W、Al/TiN を用いる。

#### 【0085】

TFT の評価は、350mm×400mm 基板において、2 本の対角線を引いてクロスした中央位置、中央位置と基板四隅との中点の合計 5 点において行った。

#### 【0086】

領域内には TFT の幅  $W$  が  $2\text{ }\mu\text{m}$  一定で、長さ  $L_a = 2\text{ }\mu\text{m}$  の TFT-A、 $L_b = 4\text{ }\mu\text{m}$  の TFT-B が一定のパターンで形成されている。5 点それぞれの位置において、TFT 特性を測定したところ、TFT-A、TFT-B とともに同一の特性が得られた。さらに、チャンネル領域での電流方向を横切る結晶粒界数の平均値  $N_a$  とゲート長  $L$  の比  $N_a/L$  を調査するために、特性を測定した TFT について、poly-Si 層を明確にするように位置のマーキングと上層部の除去を行い、 $50\text{ }\mu\text{m} \times 50\text{ }\mu\text{m}$  の視野内を走査型電子顕微鏡によって評価した。その結果、複数計測した TFT-A、TFT-B それぞれにおけるチャンネル領域での電流方向を横切る結晶粒界数の平均値  $N_a$  とゲート長  $L$  の比  $N_a/L$  は、いずれも  $\pm 5\%$  以内の度数分布となっていた。

#### 【0087】

本発明で作製した複数の TFT の特性測定を行った結果、TFT-A および TFT-B は、トランジスタサイズが異なるにもかかわらず、同一の性能（電子移動度： $250\text{cm}^2\text{V/s}$ ）を得ることができた。

#### 【0088】

表 1 に示すように、本実施例では、基板温度が室温の場合に Si 結晶膜が安定してラテラル成長しうるレーザフルエンスは  $0.6 \sim 1.3\text{ (J/cm}^2\text{)}$  の範囲であった。また、基板温度が  $300^\circ\text{C}$  の場合に Si 結晶膜が安定してラテラル成長しうるレーザフルエンスは  $0.5 \sim 1.2\text{ (J/cm}^2\text{)}$  の範囲であった。さらに、基板温度が  $500^\circ\text{C}$  の場合に Si 結晶膜が安定してラテラル成長しうるレーザフルエンスは  $0.4 \sim 1.1\text{ (J/cm}^2\text{)}$  の範囲であった。

#### 【0089】

これらの結果を総合すると、Si 結晶膜を安定にラテラル成長させるためにはレーザフルエンスを  $0.6 \sim 0.9\text{ (J/cm}^2\text{)}$  の範囲に光強度変調のピークとボトムが制御されることが好ましいことが判明した。

【0090】

【表1】

表 1

基板温度 閾値(J/cm <sup>2</sup> )	500°C
結晶化	0.1~0.2
ラテラル成長	0.5~0.4
膜破壊	1.1~0.9

【0091】

【発明の効果】

本発明によれば、任意の性能を持つ各種サイズのTFTに対して所望の粒径の結晶領域を同一基板内で行き分けすることができる。

【0092】

また、本発明によれば、膜破壊を生じることなく、Si結晶膜を安定にラテラル成長させることができ、しきい電圧のバラツキが小さく、かつ高速動作する優れたTFTが提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明のアニール装置を示す全体概要図。

【図2】

本発明のアニール装置の要部を示す構成ブロック図。

【図3】

(a) はビームプロファイルAを示す図、(b) はビームプロファイルAのレーザ照射で形成される小粒径結晶領域を示す模式図、(c) はビームプロファイルBを示す図、(d) はビームプロファイルBのレーザ照射で形成される大粒径結晶領域を示す模式図。

【図4】

(a) はビームプロファイル蛍光面における一次元ビームプロファイル像、(b) は一次元ビームプロファイル特性線図。

**【図 5】**

(a) は二次元ビームプロファイルのコンピュータシミュレーション像、(b) はビームプロファイル蛍光面における二次元ビームプロファイル像。

**【図 6】**

(a) は結晶化に関するシミュレーション結果と実際の結果とを併せて示すビームプロファイル特性線図、(b) はレーザ照射領域の非晶質 Si と結晶 Si を示す SEM 像。

**【図 7】**

(a) はラテラル成長／膜破壊とレーザフルエンスとの関係を示す特性線図、(b) はラテラル成長過程における Si 薄膜の SEM 像。

**【図 8】**

(a) はビームプロファイルを示す特性線図、(b) はレーザ照射領域の繰り返しパターンを示す SEM 像、(c) は (b) の SEM 像の一部を拡大して示す拡大 SEM 像。

**【図 9】**

(a) ～ (b) は本発明を用いて作製される半導体素子の製造工程を示す工程図。

**【図 10】**

(a) TFT の活性層に設けたレーザマーカの模式図、(b) ゲート層間膜除去後の TFT の活性層に設けたレーザマーカの模式図。

**【図 11】**

ギャップ  $d$  と  $1\ \mu\text{m}$  当りの結晶粒界数との関係を示す特性線図。

**【図 12】**

(a) ～ (d) は従来のアニール方法を示す工程図。

**【符号の説明】**

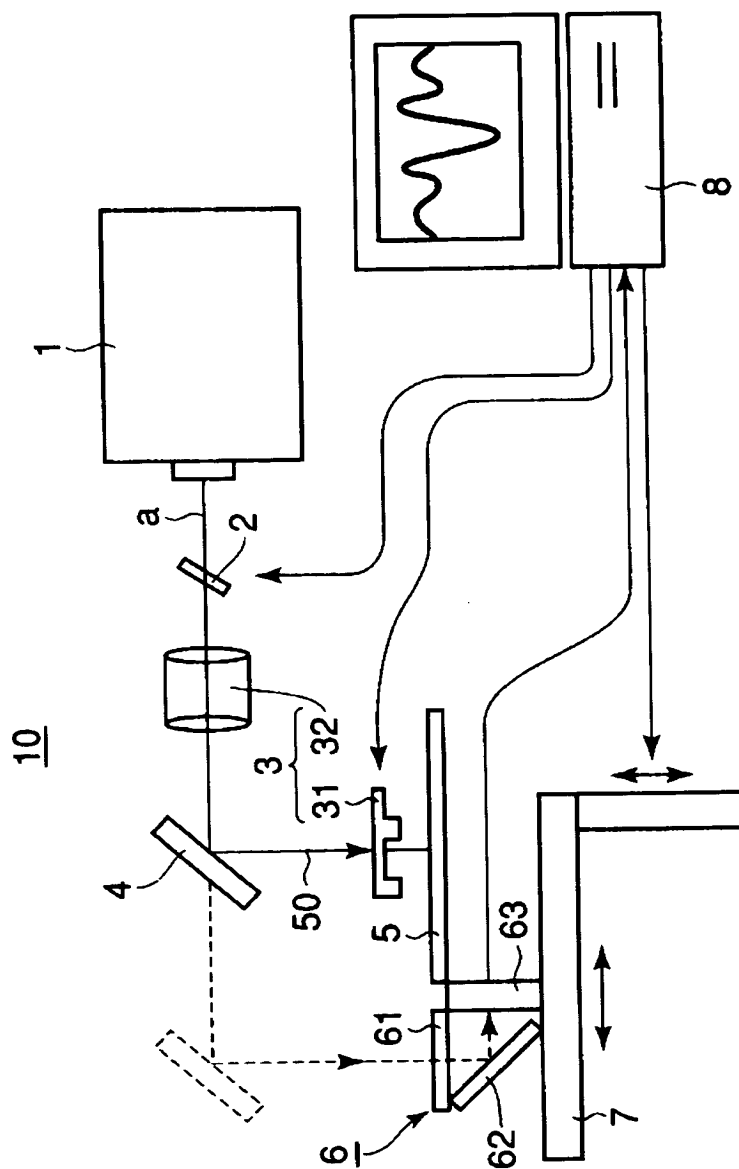
- 1 … レーザ光源、
- 2 … アッテネータ、
- 3 … 光強度パターン調整部 (ビームプロファイル変調部)、
- 31 … 空間強度変調光学素子 (位相シフタ)、31a … 段差、

3 2…均一化光学系、  
3 2 a…ホモジナイザ、3 2 b、3 2 c…凸レンズ、3 2 d…マスク面、  
3 2 e…テレセントリック縮小レンズ、  
4…ミラー、  
5…基板、  
6…光強度パターン測定部（ビームプロファイル測定部）、  
6 1…蛍光板、6 2…ミラー、6 3…CCD、  
7…移動ステージ（載置台）、7 a…ヒータ、  
8…コンピュータ、  
9…昇降駆動機構（位置合せ手段）、  
1 0…アニール装置、  
5 0…レーザ光、a…光軸、  
3 0 2…下地保護膜、  
3 0 3…非晶質Si膜（a-Si膜）、  
3 0 5…ゲート絶縁膜（SiO<sub>2</sub>膜）、  
3 0 6…結晶化領域（多結晶Si膜）、  
3 0 9…ゲート電極、  
3 1 0…ソース領域、  
3 1 1…ドレイン領域、  
3 1 2…ソース電極、  
3 1 3…ドレイン電極、  
3 1 4…層間絶縁膜（SiO<sub>2</sub>膜）。

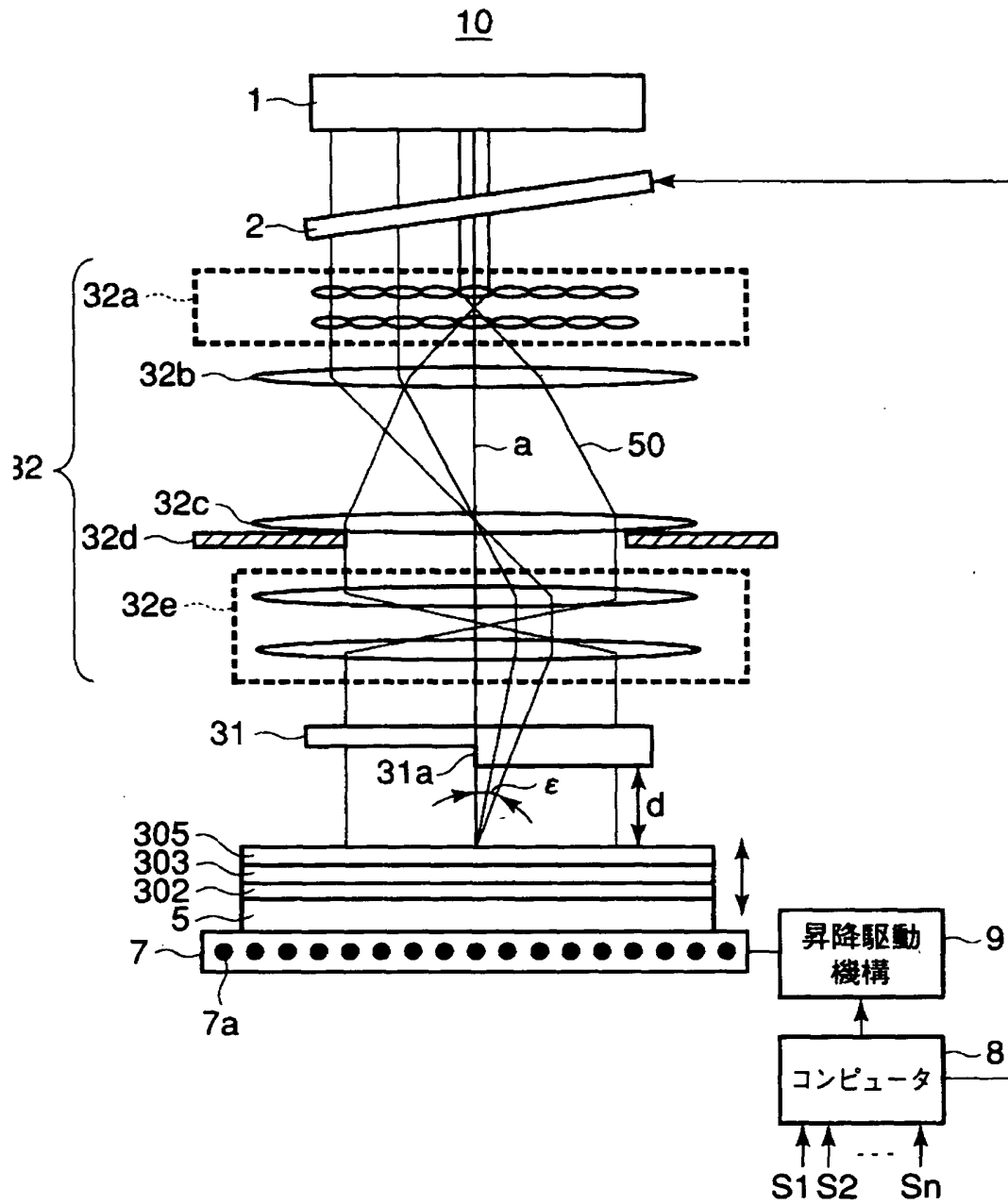
【書類名】

図面

【図 1】

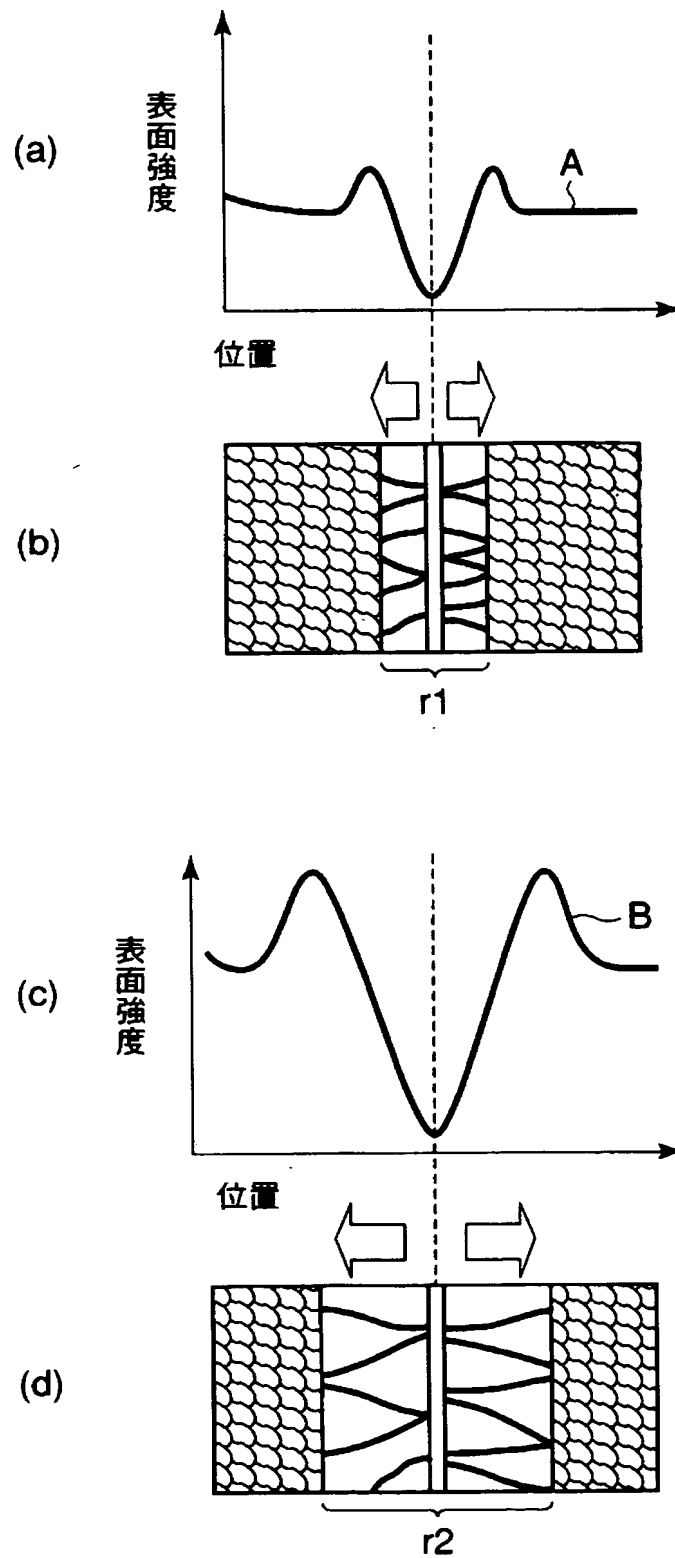


【図 2】



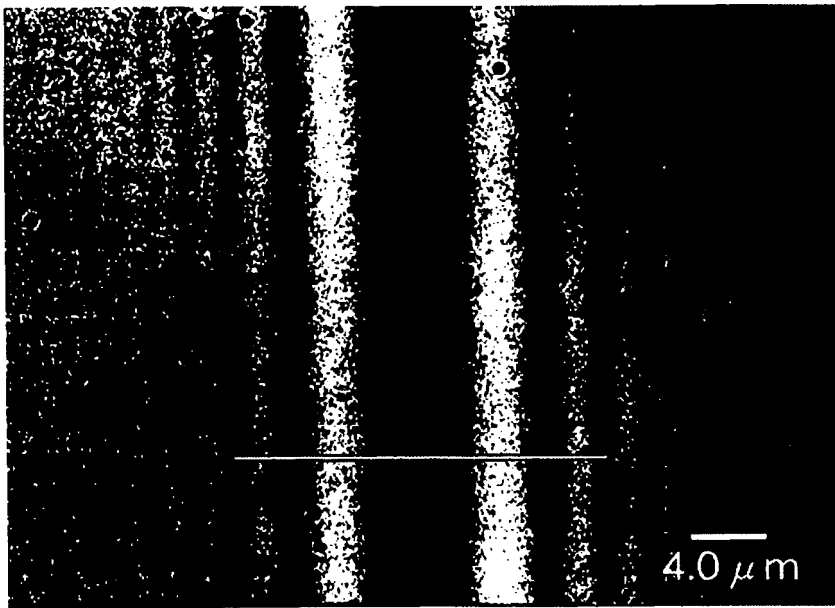


【図 3】

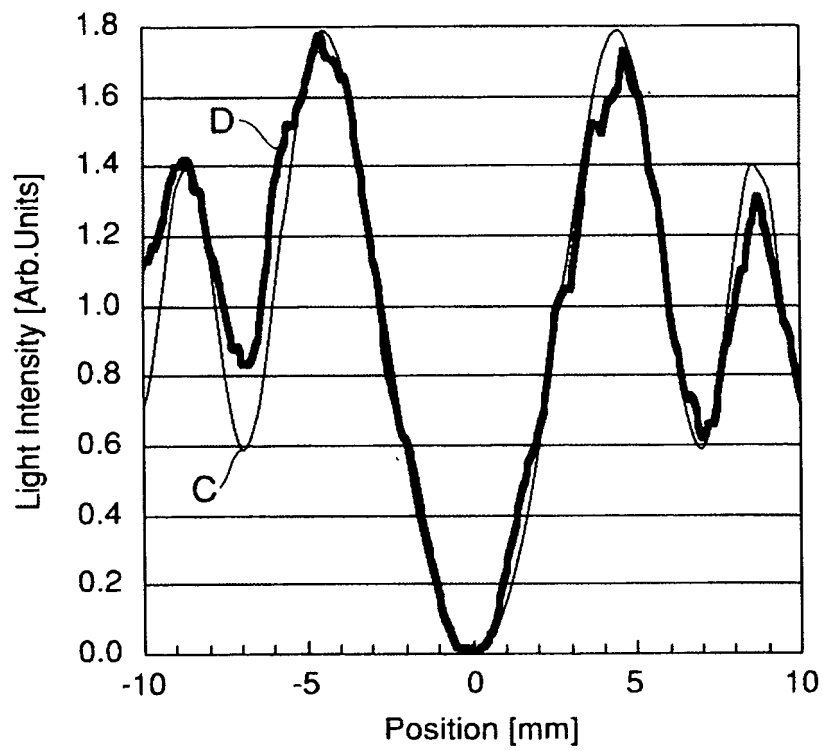


【図 4】

(a)

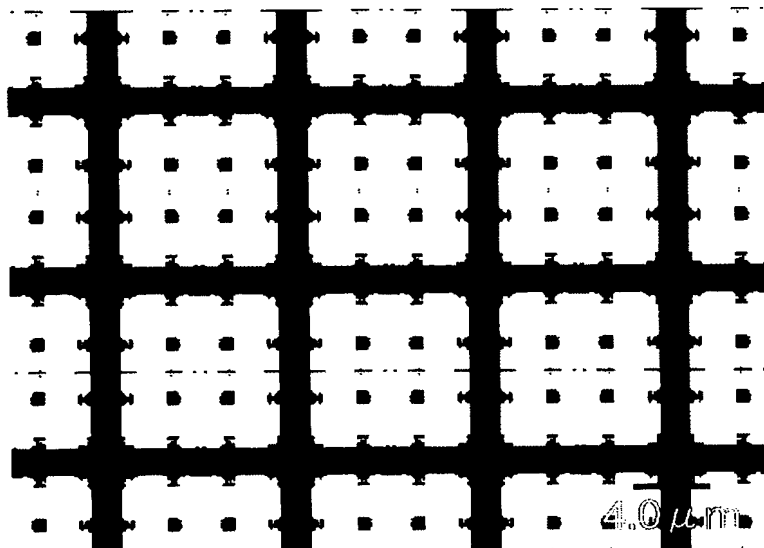


(b)

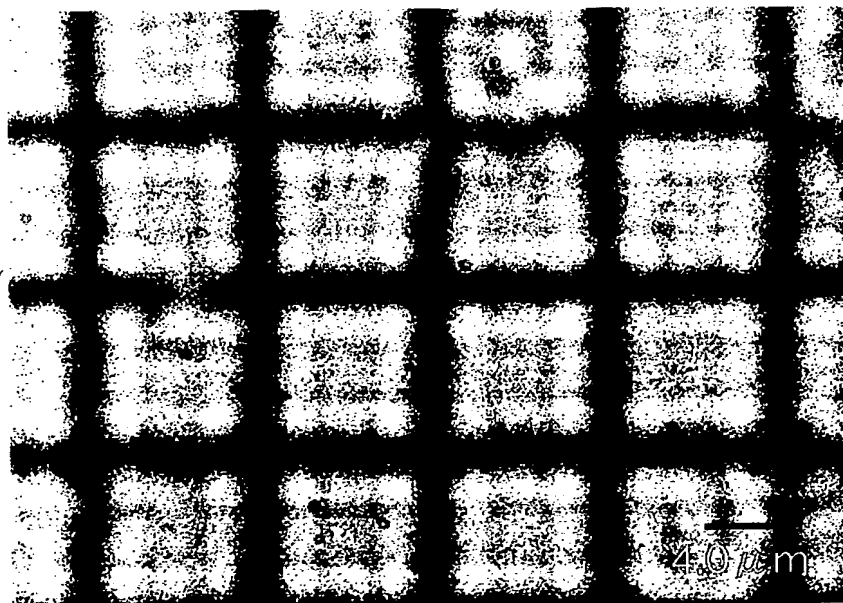


【図 5】

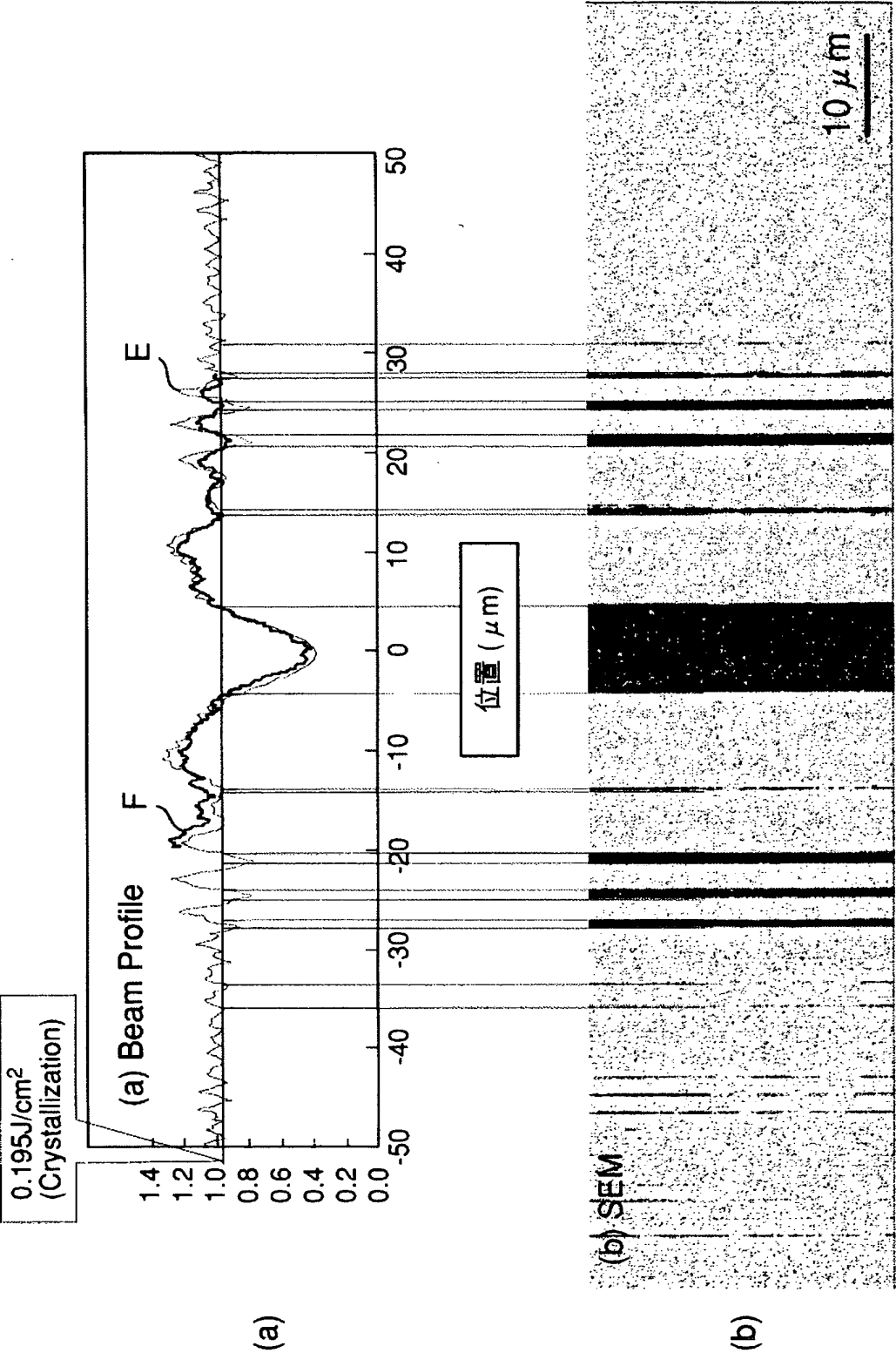
(a)



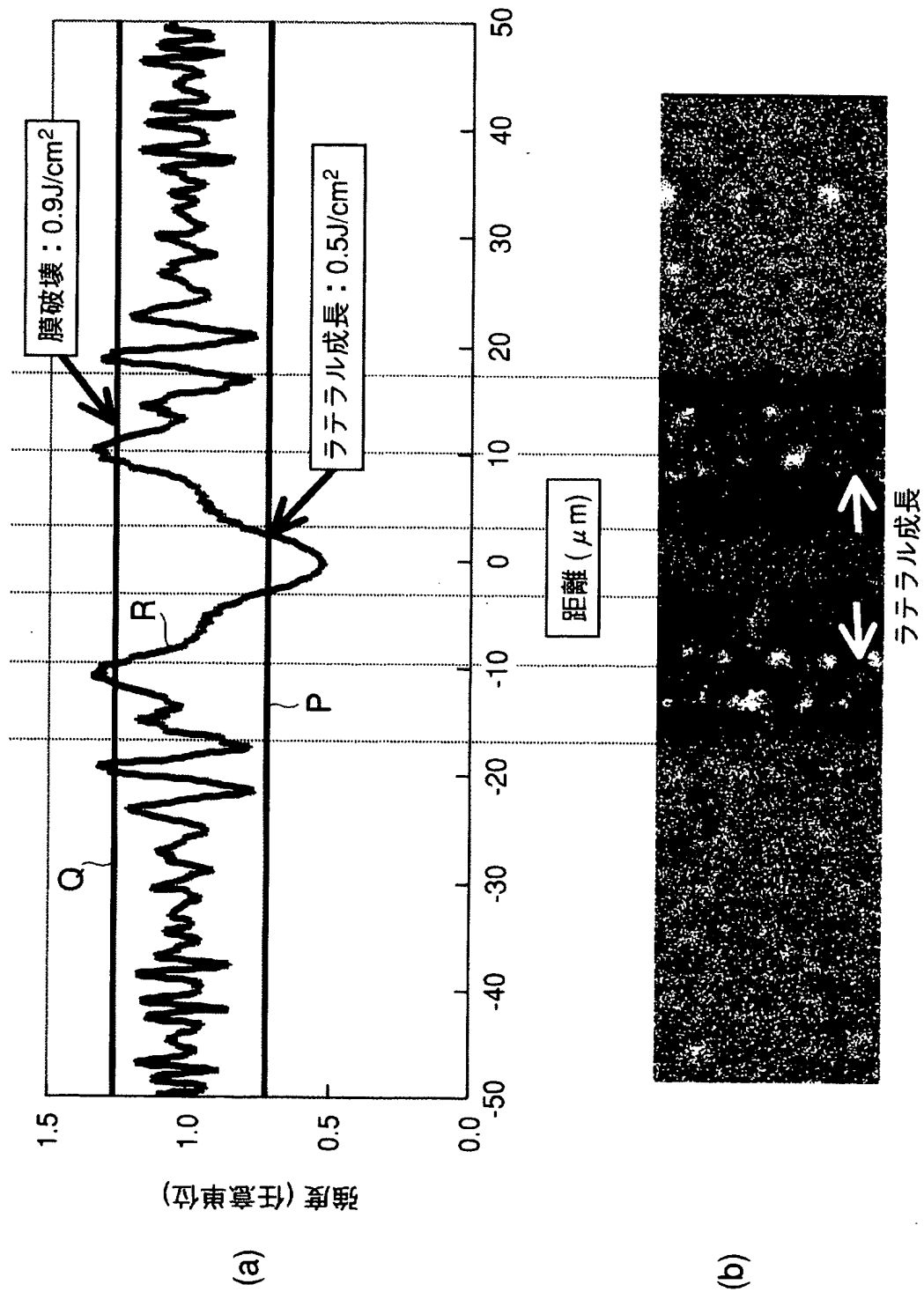
(b)



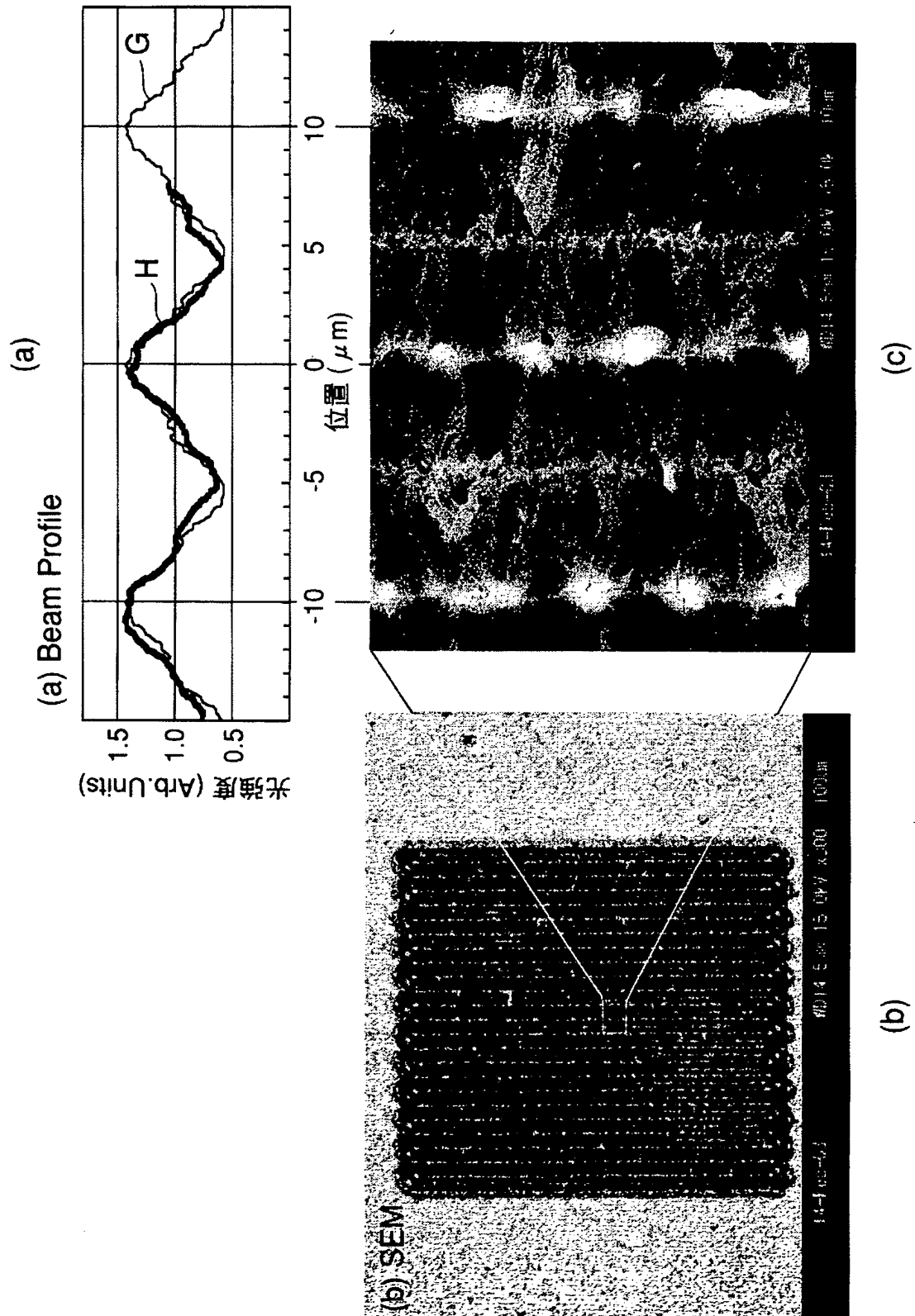
【図 6】



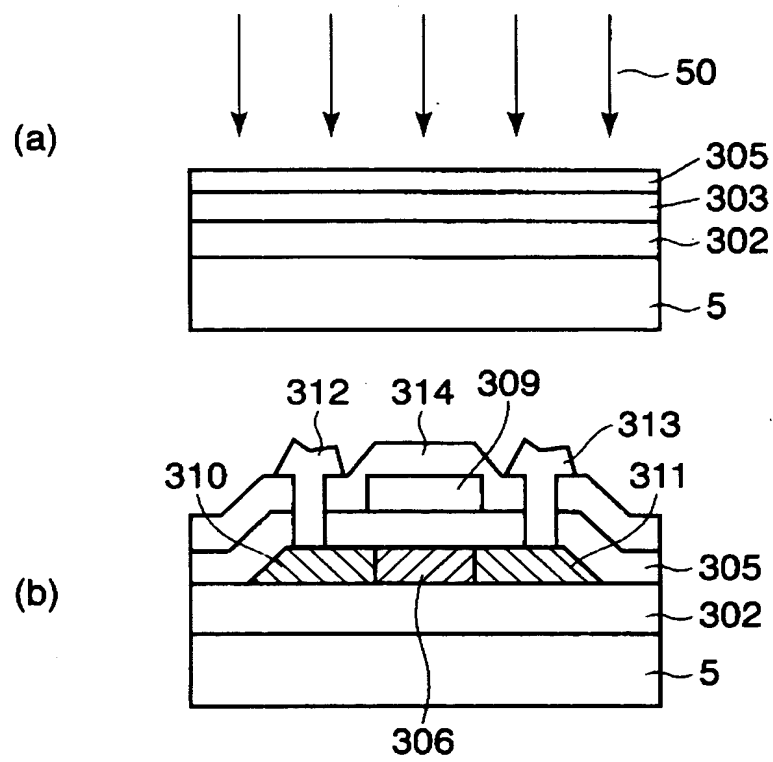
【図 7】



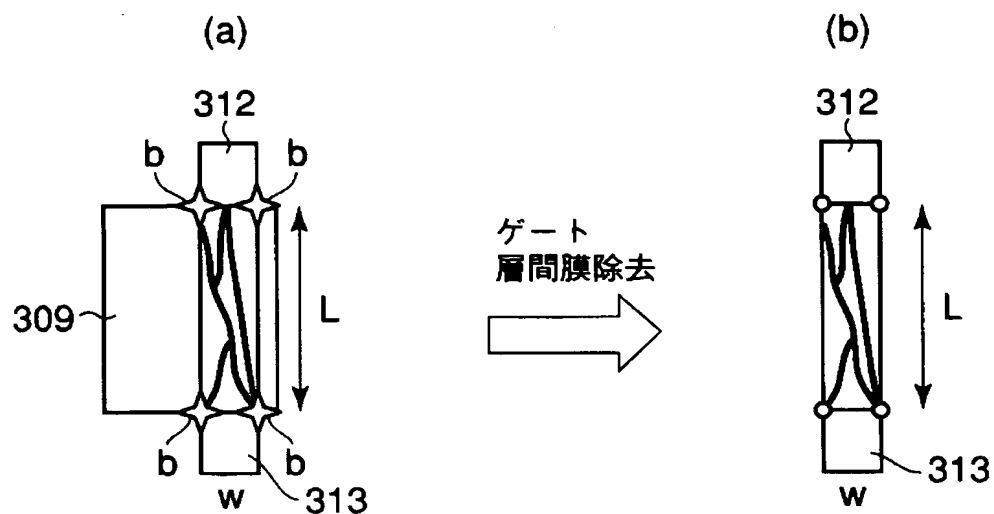
【図 8】



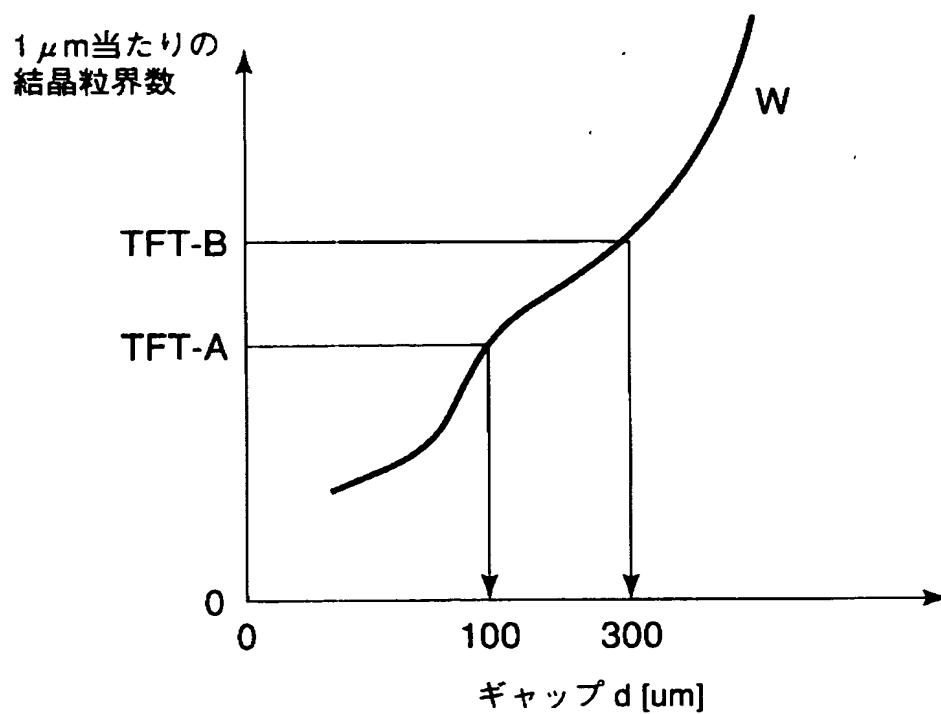
【図 9】



【図 10】

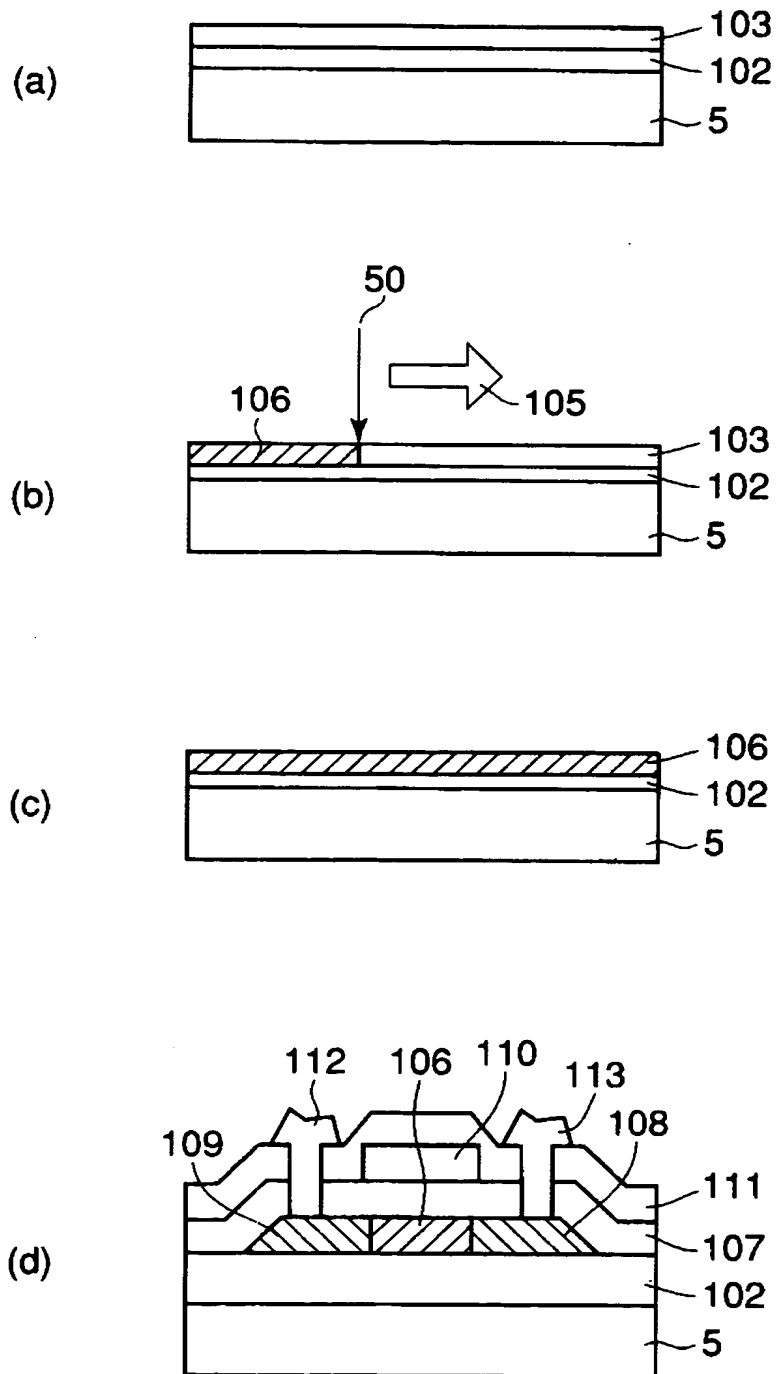


【図 11】





【図 12】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 2 種以上の平均結晶粒径を有する半導体層を同一基板上に形成することができるアニール方法、アニール装置および表示装置を提供する。

【解決手段】 レーザ光源とビームプロファイル測定部との間に位相シフタを挿入し、変調レーザ光をビームプロファイル測定部に照射したときのレーザ光の強度と分布およびギャップ  $d$  をそれぞれ測定し、基板とレーザ光源との間に位相シフタを挿入し、変調レーザ光を基板に照射し、レーザ光の照射により半導体薄膜が結晶化されて横方向にラテラル成長することが実証されたときのレーザ光の強度と分布およびギャップ  $d$  をそれぞれ測定し、両測定結果からレーザ光の強度と分布およびギャップ  $d$  の目標値としてそれぞれ設定し、設定目標値になるようにレーザ光の強度と分布およびギャップ  $d$  をそれぞれ制御し、この制御条件下で変調レーザ光を基板に照射する。

【選択図】 図 1

特願 2003-110861

出願人履歴情報

識別番号

[501286657]

1. 変更年月日

2001年 7月18日

[変更理由]

新規登録

住 所

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地

氏 名

株式会社 液晶先端技術開発センター